Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 49-61

The Effect of Vegetable Oils Plus Sethoxydim Herbicide on Kautsky Curve

H. Hammami[1*], M.H. Rashed Mohassel[2], M. Parsa[3], M. Bannayan Aval[2], E. Zand[4]

1- Assistant Professor, Department of Plant Production and Gnetic Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand and Member of the Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: hhammami@birjand.ac.ir)
2 and 3- Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
4- Professor of weed science, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

Received: 25-01-2014 Revised: 25-01-2014 Accepted: 02-03-2021 Available Online: 02-03-2021	**How to cite this article:** mami, H., Rashed Mohassel, M.H., Parsa, M., Bannayan Aval, M., & Zand, E. (2024). The effect of vegetable oils plus sethoxydim herbicide on Kautsky curve. *Journal of Iranian Plant Protection Research, 38*(1), 49-61. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2021.30439.0

Introduction

Avena ludoviciana L., also known as wild oat, is the predominant grass weed in Iranian agricultural systems. In Iran, the most prevalent approach for managing wild oats is the use of herbicides. Sethoxydim is a herbicide that is specifically designed to be applied after the emergence of weeds and is absorbed by the leaves. It belongs to a series of herbicides called aryloxy phenoxy propionates (AOPP). Sethoxydim has been approved for use on a wide range of broad-leaved crops. Currently, the chlorophyll fluorescence approach is employed as a precise and cost-efficient method in herbicide research. The chlorophyll fluorescence method is a non-destructive technique that is highly sensitive, fast, and easy to detect. It provides crucial information on the photosynthetic mechanism, allowing researchers to promptly assess herbicide efficacy before visible symptoms manifest in plants. An essential aspect of this approach is to reduce the duration of the screening session. While evaluating the impacts of herbicides with non-photosynthetic mode of action may take longer than evaluating herbicides that limit photosynthesis, it still requires significantly less time compared to the previous method. Hence, this study was conducted to examine the variations in the Katsky curve and establish the correlation between the curve parameters and dry weight. The objective was to assess the impact of utilizing vegetable oils on the efficacy of setoxydim in controlling wild oats, while also evaluating the feasibility of employing this approach.

Materials and Methods

In order to overcome the dormancy of wild oat seeds prior to conducting the experiment, the outer covering of the caryopsis fruits was removed and the seeds were then placed on a single layer of Whatman no. 1 filter paper in 11 cm diameter Petri dishes. Each Petri plate was supplemented with 10 ml of a potassium nitrate (KNO_3) solution with a concentration of 2 grams per liter. An experiment was conducted in 2012 at the Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad to discover the early effects of vegetable oils on the efficiency of sethoxydim in controlling wild oat. The Chlorophyll fluorescence parameters were assessed using the PEA Plus instrument at 1, 2, 3, 5, and 7 days after applying the sethoxydim herbicide, both with and without vegetable oils. During the one-leaf stage, the seedlings were reduced to four seedlings per pot and a solution containing 3

https://doi.org/10.22067/jpp.2021.30439.0

grams per liter of N:P:K fertilizer (20:20:20) was given to each pot. The plants were subjected to treatment at the four-leaf stage using a mobile rail sprayer that was fitted with a standard blower nozzle (8004) with an output of 238 L ha^{-1} and a spray pressure of 200 kPa. The test treatments include of different concentrations of the herbicide cetoxydim, specifically 0, 22.5, 46.8, 93.75, 187.5, 281.25, and 375 g ha^{-1}. These concentrations are applied at ten different levels. 1) Excluding vegetable oil and other types of vegetable oils: The following crops were replicated three times: 2) Turnip, 3) soybean, 4) cotton seed, 5) sunflower, 6) olive, 7) castor, 8) sesame, 9) corn, and 10) rapeseed. To make each vegetable oil, an emulsifier called Cytogate adjuvant was added at a concentration of 0.05%. Each sample of vegetable oils, which contained emulsifiers, was used in a volume of five percent (equivalent to five per thousand). After four weeks after administering the treatments, the above-ground sections of both control and treated plants were taken from the surface of the pots. The dry weight of plants was recorded and used to fit the dose response curves using the R software.

Results and Discussion

Inhibiting acetyl CoA carboxylase results in the generation of reactive oxygen species (ROS), which cause damage to the electron transport chain between PSII and PSI. The degradation mentioned here affects the chlorophyll fluorescence, perhaps enabling the measurement of herbicide effectiveness by assessing the maximal quantum efficiency of PSII. Chlorophyll fluorescence can serve as a useful tool for detecting the effectiveness of herbicides that have different modes of action, such as acetyl coenzyme-A carboxylase inhibitors, phenoxy compounds, and glyphosate. The overall results indicated a decrease in the values of Fv/Fm, Fvj, and area parameters across all treatments. The treatments were ranked in decreasing order of their diminishing effects intensity as follows: turnip > olive > soybean > corn > sunflower > canola > sesame > castor > cotton > sethoxydim without oil. These findings were in line with the alterations in dry weight caused by the application of vegetable oils. Based on the experiment's findings, the parameters Fv/Fm, Fvj, and Area can be utilized to evaluate and compare the growing effects of vegetable oils on the efficiency of sethoxydim in controlling wild oat.

Conclusion

Chlorophyll fluorescence investigations can serve as a substitute for classical screening approaches, as supported by existing knowledge and experimental proof. This procedure is non-destructive, very sensitive, and rapid compared to standard screening methods. This research showed that the chlorophyll fluorescence approach requires less time compared to standard screening methods. The utilization of the chlorophyll fluorescence approach is likely to be enhanced in future herbicide bioassay investigations. Based on the correlation between dry weight and fluorescence characteristics, it is possible to utilize chlorophyll fluorescence to reduce the time required for analyzing the effectiveness of herbicides.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Maximum quantum efficiency of Photosystem II, Relative changes in the fluorescence, Vegetable oils

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۶۱-۴۹

تأثیر کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم بر منحنی کاتسکی

حسین حمامی[۱*]- محمد حسن راشد محصل[۲]- مهدی پارسا[۳]- محمد بنایان اول[۲]- اسکندر زند[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲

چکیده

امروزه تکنیک فلورسنس کلروفیل به‌عنوان یک روش سریع، کم هزینه و دقیق در مطالعات علف‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور تشخیص زودهنگام تأثیر روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) آزمایشی گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم دو (F_v/F_m)، تغییرات نسبی فلورسنس در مرحله J (F_{vj}) و مساحت بین منحنی کاتسکی و F_m (Area) ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ روز پس از پاشش علف‌کش ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. این ارزیابی نشان داد که مقادیر پارامترهای F_v/F_m، F_{vj} و Area در تمامی تیمارهای مورد بررسی کاهش یافت. مقادیر شدت تأثیر کاهشی تیمارها بر هر سه پارامتر فوق به‌ترتیب از زیاد به کم منداب> زیتون> سویا> ذرت> آفتابگردان> کلزا> کنجد> کرچک> پنبه دانه > ستوکسیدیم بدون روغن گیاهی بود. این نتایج با تغییرات وزن خشک ناشی از کاربرد روغن‌های گیاهی منطبق بود. با توجه به نتایج این آزمایش از هر یک از پارامترهای F_v/F_m، F_{vj} و Area می‌توان برای ارزیابی و مقایسه میزان تأثیر روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات نسبی فلورسنس، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم دو، روغن‌های گیاهی، فلورسنس کلروفیل

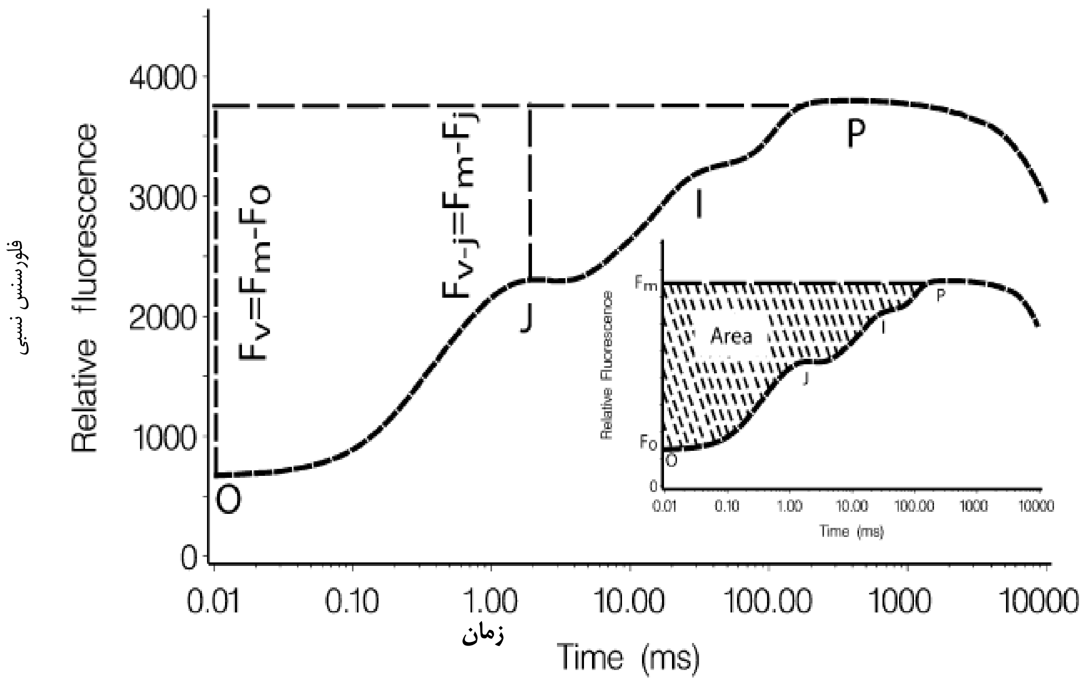
مقدمه

ستوکسیدیم علف‌کشی انتخابی و پس‌رویشی متعلق به خانواده سیکلوهگزاندیون‌ها، دارای فرمولاسیون امولسیون و مقدار مصرف ۳ لیتر در هکتار ثبت شده برای محصولات پهن برگ (کلزا و چغندرقند) و پیاز است (Senseman, 2007). بازدارندگی از فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز که در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب نقش حیاتی دارد، مکانیسم اصلی اثر این علف‌کش می‌باشد. این علف‌کش پس از قرارگیری بر روی سطح برگ به سرعت و طی زمانی کمتر از ۲ ساعت جذب گیاه می‌شود (Senseman, 2007). از این علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگی همچون یولاف وحشی (*Avena fatua* L. و *Avena ludoviciana* Durieu.)، چچم (*Lolium multiflorum* L.)، علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.)، چمن باهیا گراس (*Paspalum notatum* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و ارزن وحشی (*Panicum* spp.) در گیاهان زراعی پهن‌برگ مانند پنبه، سویا، کلزا، یونجه، چغندرقند و تنباکو استفاده می‌شود (Senseman, 2007). گیاهان پهن‌برگ به دلیل دارا بودن آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز غیرحساس به این گروه از علف‌کش‌ها در برابر آنها آسیب‌پذیر نیستند (Prado *et al.*, 1999).

امروزه ارزیابی تغییرات منحنی فلورسنس کلروفیل (منحنی کاتسکی) و پارامترهای آن به روشی پرکاربرد در تحقیقات مرتبط با سیستم‌های فتوسنتزی گیاهان تبدیل شده است (Abbaspoor *et al.*, 2006). دامنه این تحقیقات بسیار گسترده است بطوری‌که در مورد کاربرد علف‌کش‌ها و تأثیر آنها بر فلورسنس کلروفیل و حتی

۱- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند و عضو گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hhammami@birjand.ac.ir)
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴- استاد مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
https://doi.org/10.22067/jpp.2021.30439.0

علف‌کش‌هایی که بطور غیر مستقیم بر فتوسنتز اثر می‌گذارند نیز از این روش استفاده می‌شود (Christensen *et al.*, 2003). این روش علاوه بر اینکه تکنیکی سریع، غیر تخریبی و دارای حساسیت بسیار بالا و دقیق است، حاوی اطلاعات بسیار ارزشمندی در مورد سیستم فتوسنتزی گیاه نیز می‌باشد (Barbagallo *et al.*, 2003). با توجه به صرف زمان زیاد برای غربالگری و تحقیقات مختلف در مورد علف‌کش‌ها نیاز به استفاده از تکنیک‌هایی که علاوه بر صرف زمان و هزینه کم دقیق نیز باشند بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از جمله مهمترین و پرکاربردترین تکنیک‌های تشخیص اثر علف‌کش‌ها بر گیاه هدف در فاصله کمی پس از تیمار، استفاده از تغییرات منحنی کاتسکی (شکل ۱) و پارامترهای تشکیل دهنده آن می‌باشد و می‌تواند قدرت پیش‌گویی تأثیر علف‌کش را بسیار زودتر از بروز علائم به ما بدهد (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006; Avarseji *et al.*, 2012). اندازه‌گیری میزان تغییرات فلورسنس کلروفیل یکی از مهمترین روش‌های کمی کردن تداخل علف‌کش‌ها با زنجیره انتقال الکترون است (Norsworthy *et al.*, 1999). این تکنیک می‌تواند برای تعیین کارایی اثر علف‌کش‌های مختلف بکار رود (Abbaspoor *et al.*, 2006). با استفاده از این روش اندکی پس از کاربرد می‌توان دریافت که آیا مقدار علف‌کش به کار رفته برای کنترل علف‌های هرز کافی بوده و یا اینکه نیاز به سم‌پاشی مجدد می‌باشد. به‌عنوان مثال اورسجی و همکاران (Avarseji *et al.*, 2012) گزارش کردند که تشخیص اثرات علف‌کشی کلودینافوپ پروپارژیل بر روی یولاف وحشی به کمک این روش ۷ روز زودتر از ظهور علایم ممکن شد. نتایج مطالعه ریث مولر-هاگ و همکاران (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006) نیز نشان دادند که با استفاده از روش فلورسنس کلروفیل ۲ تا ۴ روز پس از تیمار تاجریزی سیاه با متسولفورون متیل می‌توان به ارزیابی اثرات آن پرداخت.



شکل ۱- منحنی کاتسکی ثبت شده بوسیله دستگاه Handy PEA در برگ سالم قرار گرفته به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی (Abbaspoor & Streibig, 2005)

Figure 1- Chlorophyll fluorescence curve (kautsky curve) recorded with Handy PEA instrument in a 30 min dark-adapted leaf (Abbaspoor & Streibig, 2005)

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود منحنی کاتسکی از ۳ بخش مختلف تشکیل شده است که عبارتند از: ۱) O- J مرحله احیای Q_A که در بازه زمانی ۵۰µs و ۲ ms روی می‌دهد؛ ۲) J-I مرحله انتقال الکترون از Q_A به Q_B که در بازه زمانی ۲ms تا ۳۰ms روی داده و در نهایت ۳) I-P که مرحله فرونشانی فلورسانس توسط مخزن پلاستوکوئینون بوده و در بازه زمانی ۳۰ms تا ۵۰۰ms روی می‌دهد (۲). طی تابش نور به یک برگ سازش یافته به تاریکی، فلورسانس از حالت پایه F_O در مرحله O به بالاترین میزان خودش F_m در مرحله P در طی یک ثانیه می‌رسد و در این مرحله Q_A (اولین پذیرنده الکترون از فتوسیستم دو) کاملاً احیا شده است (Abbaspoor & Streibig,

(Dayan & Zaccaro, 2012;2005). در این حالت می‌توان حداکثر کارایی کوانتومی مرحله فتوشیمیایی فتوسیستم دو را که با فرمول F_v/F_m که (F_v=F_m-F_0) تعریف می‌شود، تعیین کرد. در برگ‌های سالم همه گیاهان (مستقل از گونه است) میزان این نسبت تقریبا ۰/۸۳ است (Abbaspoor & Streibig, 2005; Elahifard *et al.*, 2013) اگر مقدار این نسبت کاهش یابد به این مفهوم است که قسمتی از مرکز واکنش فتوسیستم دو دچار اشکال شده است که این وضعیت اغلب در گیاهان تحت تنش اتفاق می‌افتد (Strasser & Stirbet, 2001;Dayan & Zaccaro, 2012). میزان فلورسانس کلروفیل بسیار کم است (۱۰-۲ درصد از کل نور جذب شده) اما می‌تواند تفسیری از وضعیت فتوسنتزی گیاه باشد (Papageorgiou & Govindjee, 2004). از آنجا که طیف فلورسانس با طیف نور جذب شده توسط کلروفیل کاملاً متفاوت است می‌توان عملکرد فلورسانس را با قرار دادن یک برگ در برابر طول موج مشخصی از نور و اندازه‌گیری میزان نور ساطع شده با طول موج بلندتر، کمّی کرد (Dayan & Zaccaro, 2012;Maxwell & Johnson, 2000).

علف‌کش‌ها به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم بر فتوسنتز اثر می‌گذارند. علف‌کش‌هایی که به‌طور مستقیم بر فتوسنتز اثر می‌گذارند، باعث کاهش سریع پارامترهای مختلف منحنی کاتسکی می‌شوند در حالی‌که علف‌کش‌های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی باعث کاهش آهسته‌تر پارامترهای مختلف منحنی کاتسکی می‌شوند (Avarseji *et al.*, 2012; Riethmuller-Haage *et al.*, 2006; Dayan & Zaccaro, 2012;).

پتانسیل استفاده از پارامترهای القای فلورسانس برای تعیین متابولیسم تعدادی از علف‌کش‌هایی که به‌صورت مستقیم روی فتوسنتز مؤثر نیستند، توسط بارباگالو (Barbagallo *et al.*, 2003) مورد آزمایش قرار گرفت. از میان پارامترهای منحنی کاتسکی، پارامتر F_{vj} یا تغییرات نسبی در مرحله J به‌عنوان پارامتر مطلوبی برای بررسی اثرات علف‌کش‌هایی با نحوه عمل غیرفتوسنتزی شناخته شده است (Christensen *et al.*, 2003). در مطالعه انجام شده توسط اورسجی و همکاران (Avarseji *et al.*, 2012) نیز از آن به‌عنوان پارامتر مناسب برای ارزیابی اثر علف‌کش‌های با نحوه عمل غیرفتوسنتزی نام برده شده است.

در بسیاری از آزمایشات مربوط به علف‌کش‌ها، از فلورسانس کلروفیل برای تشخیص زود هنگام فعالیت دز کاهش‌یافته علف‌کش (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006;Avarseji *et al.*, 2012)، تعیین مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها (Elahifard *et al.*, 2013، Norsworthy *et al.*, 1999) و تعیین متابولیسم علف‌کش در علف هرز و گیاه زراعی (Abbaspoor *et al.*, 2006) استفاده شده است. در نهایت باید به این نکته توجه داشت که پارامترهای فلورسانس کلروفیل می‌توانند به‌عنوان ابزاری بسیار توانمند، قوی و قابل اعتماد در مطالعات علف‌کشی (بازدارنده فتوسنتز و علف‌کش‌های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی) مورد استفاده قرار گیرند (Abbaspoor & Streibig, 2005). ویژگی بسیار مهم این روش کوتاه کردن دوره غربالگری است. اگر چه ممکن است زمان مورد نیاز برای ارزیابی اثرات علف‌کشی در مورد علف‌کش‌های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی بیشتر از زمان مورد نیاز برای علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز باشد ولی باز هم زمان بسیار کمتری در مقایسه با روش قدیمی نیاز است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تغییرات منحنی کاتسکی و تعیین روابط بین پارامترهای منحنی فوق و وزن خشک در آزمایش اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی و ارزیابی امکان کاربرد این روش انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های پاسخ به مقدار علف‌کش

به‌منظور یکنواختی و سهولت در جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌های یولاف وحشی، ابتدا پوسته در بردارنده بذر از آنها جدا شده و سپس بذور توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (*v/v*%) به‌مدت ۵ دقیقه ضد عفونی سطحی شده و بعد به‌مدت ۵ دقیقه با آب شستشو داده شدند. بذرها درون پتری‌دیش‌های شیشه‌ای با قطر ۱۱ سانتی‌متر که حاوی یک لایه کاغذ صافی (واتمن شماره ۱) بودند، قرار داده شده و مقدار ده میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم به هر یک از پتری‌دیش‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌های حاوی بذر به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد (در درون یخچال) در تاریکی مطلق نگهداری شدند. پس از اعمال سرما، پتری‌دیش‌ها به ژرمیناتور با دوره دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۶ ساعت و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت در تاریکی مطلق، به‌ترتیب با رطوبت نسبی ۴۵ و ۶۵ درصد، جوانه‌دار شدند (Avarseji *et al.*, 2012; Izadi *et al.*, 2013; Hammami *et al.*, 2011). پس از اینکه بذور در ژرمیناتور جوانه‌دار شدند، پتری‌دیش‌ها به گلخانه منتقل شده و تعداد ۱۵ گیاهچه یولاف وحشی با ریشه‌چه یکسان و سالم در سطح خاک گلدان ۱/۵ لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی با نسبت حجمی مساوی قرار داده شده و بر روی آنها خاک پاشیده شد (روی سطح بذرها بطور کامل پوشانده شد). آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یکبار انجام شد. در مرحله یک برگی گیاهچه‌ها به چهار گیاهچه در هر گلدان تنک شدند و ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ۳ گرم در لیتر کود *N:P:K* (۲۰:۲۰:۲۰) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد (Izadi *et al.*, 2013). دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۲۵ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۶ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد در طول شب متغیر بود.

گیاهان در مرحله چهار برگی با استفاده از سم‌پاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی (۸۰۰۴) با خروجی ۲۳۸ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال (kPa) تحت تیمار قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر، ۲۲/۵، ۴۶/۸، ۹۳/۷۵، ۱۸۷/۵، ۲۸۱/۲۵و ۳۷۵ گرم در هکتار ماده مؤثره علف‌کش ستوکسیدیم[1] در ده سطح ۱) بدون روغن گیاهی، و روغن‌های گیاهی: ۲) منداب، ۳) سویا، ۴) پنبه دانه، ۵) آفتابگردان، ۶) زیتون، ۷) کرچک، ۸) کنجد، ۹) ذرت و ۱۰) کلزا در سه تکرار بودند. به‌منظور آماده‌سازی هر یک از روغن‌های گیاهی، میزان ۰/۰۵ درصد از مویان سیتوگیت به‌عنوان امولسیون‌کننده به آنها اضافه شد. هر یک از نمونه‌های روغن‌های گیاهی حاوی امولسیون‌کننده، به میزان پنج درصد حجمی (پنج در هزار) مورد استفاده قرار گرفتند. اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان برداشت شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد و از میانگین وزن خشک در هر گلدان برای برازش منحنی‌های پاسخ به دز به کمک نرم‌افزار R استفاده شد.

پاسخ وزن خشک یولاف وحشی به مقدار محلول علف‌کش در حضور روغن‌های گیاهی مختلف با تکنیک رگرسیون غیر خطی و با استفاده از نرم‌افزار R آنالیز شد. تمامی داده‌ها به‌طور همزمان با مدل‌های سه و چهار پارامتری گامپرتز (معادله ۱) برازش داده شدند (Cabanne, 2000;Cabanne *et al*., 1999).

$$U_{ij} = \frac{D-C}{1+\exp[b_i(\log(z_{ij})-\log(GR_{50}(i)))]} \qquad (۱)$$

که در آن U_{ij} بیانگر وزن خشک j ام که موجب پاسخ در دز i ام فرمولاسیون (z_{ij}) می‌شود، D حد مجانب بالای وزن خشک در مقادیر صفر فرمولاسیون (شاهد بدون علف‌کش) و روغن‌های گیاهی بدون علف‌کش، C حد مجانب پایین وزن خشک بیشترین غلظت علف‌کش با و بدون روغن‌های گیاهی، $GR_{50(i)}$ مقدار فرمولاسیون i، لازم برای ۵۰ درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز و b_i متناسب با شیب منحنی در محدوده $GR_{50(i)}$ می‌باشند (Cabanne *et al*., 1999; Cabanne, 2000).

آزمایش فلورسنس کلروفیل برگ

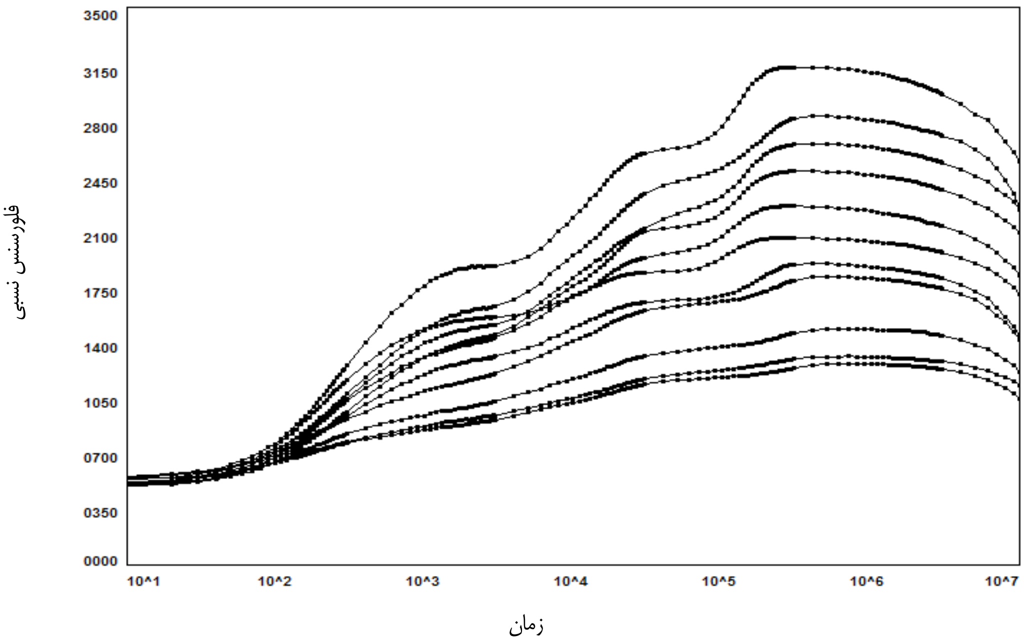
با استفاده از نتایج مطالعه انجام شده توسط عباسپور و استرایبیگ (Abbaspoor & Streibig, 2005) بر روی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل و با توجه به داشتن نحوه عمل مشابه علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل با ستوکسیدیم، ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ روز پس از اعمال تیمارهای ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی اندازه‌گیری‌ها انجام شد. به منظور ایجاد شرایط سازگاری به تاریکی از کلیپس‌های مخصوص استفاده شد. کلیپس‌های فوق به‌مدت ۳۰ دقیقه بر روی یک سوم انتهایی آخرین برگ تکامل یافته قرار گرفته و سپس اندازه‌گیری به کمک دستگاه فلورومتر مدل PEA plus که برای تابانیدن نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر و شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون در متر مربع در ثانیه به مدت ۱۰ ثانیه کالیبره شده بود انجام شد. پارامترهای Fv/Fm، Fvj و Area برگرفته شده از منحنی کاتسکی در این آزمایش برای مقایسه تیمارها مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

با توجه به شکل ۲ تغییرات محسوسی در شکل منحنی کاتسکی در نتیجه کاربرد علف‌کش ستوکسیدیم (۳۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار) با و بدون روغن‌های گیاهی در ۷ روز پس از اعمال تیمارها روی می‌دهد. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که شدت تغییرات در مورد تیمارهای کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم بیشتر است. این نتایج نشان داد که روغن‌های پنبه دانه و کرچک کمترین میزان تغییرات و منداب و زیتون بیشترین تغییرات را در شکل منحنی کاتسکی ایجاد کردند. در مورد کاربرد روغن‌های گیاهی از مرحله J به بعد شدت تغییرات شدید است به‌طوری‌که در مورد برخی از تیمارها منحنی کاتسکی به شدت تغییر شکل داده و به فرم خطی در آمده است این در حالی است که در تیمار شاهد تمامی مراحل شکل استاندارد منحنی کاتسکی در برگ‌های سالم بصورت کاملاً واضح و به تفکیک قابل رویت است. شدت تغییرات منحنی کاتسکی در تمامی تیمارهای ستوکسیدیم بعلاوه روغن‌های گیاهی بیشتر از عدم کاربرد روغن‌های گیاهی بود (شکل ۲).

شدت تغییرات در مورد تیمارهای اعمال شده به‌ترتیب از کم به زیاد عبارتند از پنبه دانه، کرچک، کنجد، کلزا، آفتابگردان، ذرت، سویا، زیتون، منداب که با نتایج ارزیابی اثر روغن‌های گیاهی و پتانسیل نسبی آنها در افزایش کارایی ستوکسیدیم تطابق دارد. بسیاری از علف‌کش‌هایی که بطور مستقیم بازدارنده سیستم فتوسنتزی گیاه نیستند می‌توانند باعث تغییر شکل منحنی کاتسکی و پارامترهای آن شوند به‌عنوان مثال نتایج گزارشات عباس‌پور و استرایبیگ (Abbaspoor & Streibig., 2005) نشان داد که کاربرد کلودینافوپ پروپارژیل منجر به تغییر در شکل منحنی کاتسکی و پارامترهای F_v/F_m، F_{vj} و Area در جو (*Hordeum vulgare*) و یولاف وحشی (*Avena sativa*) شد. این محققین همچنین نشان دادند که بین میزان تغیرات پارامترهای فوق و غلظت علف‌کش رابطه وجود دارد به طوری‌که با افزایش غلظت از میزان هر یک از پارامترهای فوق کاسته می‌شد.

1- Sethoxydim



شکل ۲- تأثیر علف‌کش ستوکسیدیم (۳۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار) بر شکل منحنی کاتسکی ۷ روز پس از اعمال تیمار

منحنی‌ها به‌ترتیب از بالا به پایین مربوط به تیمارهای شاهد، ستوکسیدیم و ستوکسیدیم به همراه روغن‌های پنبه دانه، کرچک، کنجد، کلزا، آفتابگردان، ذرت، سویا، زیتون، منداب

Figure 2- Effect of sethoxydim herbicide on kautsky curve seven days after treatment

curves high to low sethoxydim alone and plus cotton seed, castor, sesame, canola, sunflower, corn, soybean, olive and turnip oils

بطور کلی شدت تغییرات شکل منحنی کاتسکی و پارامترهای آن در مورد علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز بیشتر است بطوری‌که نتایج مطالعه کریستینسن و همکاران (Christensen *et al*., 2003) حاکی از تأثیر سریعتر کاربرد بنتازون در مقایسه با فلوروکلریدون و گلایفوسیت بر خصوصیات و پارامترهای منحنی کاتسکی گیاه خردل سفید بود. ریث مولر-هاگ و همکاران (Riethmuller-Haage *et al*., 2006) اطلاعات کامل و ارزشمندی در مورد اثر مت‌سولفورون متیل در ۲ تا ۴ روز پس از سمپاشی بوسیله اندازه‌گیری کارایی کوانتومی فتوسیستم دو و محتوی کلروفیل جهت تشخیص زودهنگام اثر مت سولفورون متیل بدست آوردند در حالی‌که برای ظهور علائم این علف‌کش به ۷ تا ۱۰ روز زمان نیاز است. گزارش منتشر شده توسط اورسجی و همکاران (Avarseji *et al*., 2012) نیز چنین شرایطی را برای پیش‌بینی اثر علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در کنترل یولاف وحشی گزارش کردند. آنها بیان کردند که استفاده از روش فلورسانس کلروفیل و پارامترهای منحنی کاتسکی می‌تواند باعث افزایش قدرت تشخیص زود هنگام اثرگذاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل شود. در حالی‌که علائم تأثیرگذاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل پس از گذشت ۱۲ روز از سم‌پاشی ظهور می‌یابد با این روش می‌توان ۵ روز پس از سم‌پاشی کارایی کلودینافوپ پروپارژیل را تشخیص داد.

به‌منظور ارزیابی شدت تغییرات منحنی کاتسکی در تیمارهای مورد آزمایش از رابطه بین میزان تغییر پارامترهای منحنی کاتسکی F_v/F_m، F_{vj} و Area (اندازه‌گیری شده بعد از گذشت ۷ روز از سم پاشی) و وزن خشک (اندازه‌گیری شده بعد از گذشت ۲۸ روز از سم پاشی) استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که با کاهش میزان وزن خشک گیاه یولاف وحشی در نتیجه کاربرد ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی از مقدار پارامترهای فوق کاسته شد. رابطه نسبتاً قوی بین پارامترهای فوق و وزن خشک گیاه یولاف وحشی مشاهده شد. شکل‌های ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب نشان‌دهنده رابطه بین F_v/F_m، Area و F_{vj} و میزان وزن خشک یولاف بود. مشابه نتایج این آزمایش گزارش‌های منتشر شده توسط سایر محققین نیز نشان از وجود رابطه بین پارامترهای F_v/F_m، F_{vj}، Area و تغییرات وزن خشک در نتیجه تیمار غلظت‌های مختلف علف‌کش بود (Avarseji *et al*., 2012; Abbaspoor & Streibig., 2005; Barbagallo *et al*., 2003; Christensen *et al*., 2003; Streibig., 2007; Elahifard *et al*., 2013; Abbaspoor & Streibig., 2005). شکل ۳ نشان‌دهنده رابطه بین تغییرات F_v/F_m و وزن خشک یولاف وحشی می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که در تمامی تیمارها در غلظت توصیه شده بین F_v/F_m و وزن خشک رابطه نمایی مثبت و نسبتاً قوی برقرار است. مشابه این نتایج در مورد تأثیر علف‌کش‌های دیگری نیز

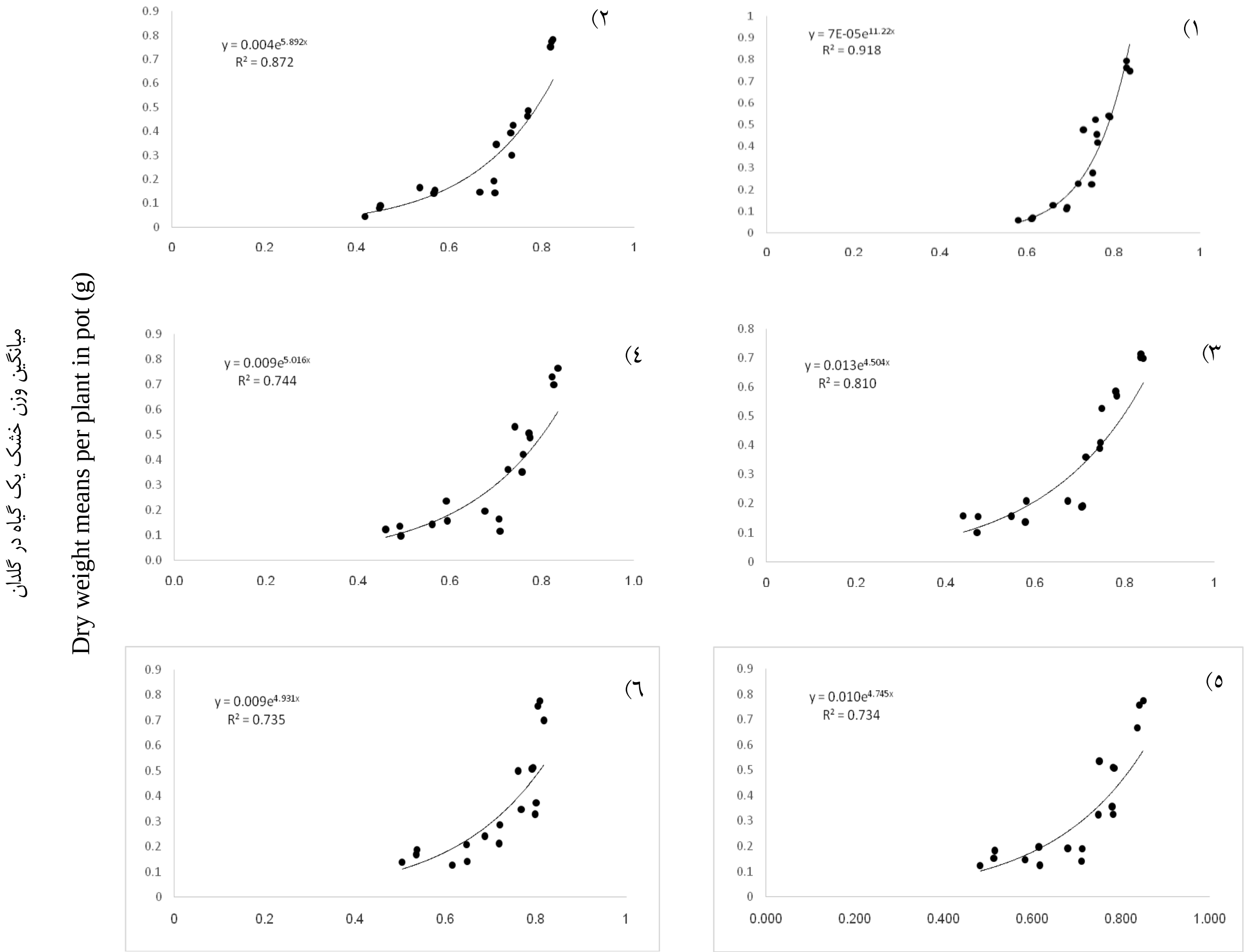
در مورد رابطه بین F_v/F_m و وزن خشک نیز مشاهده شده است (Christensen *et al.*, 2003).

شکل ۴ نشان‌دهنده رابطه موجود بین Area و وزن خشک است. در میان ۳ پارامتر مورد بررسی رابطه بین Area و وزن خشک خطی و بسیار قوی بود به‌طوری‌که در تمام تیمارها رابطه همبستگی بیش از ۰/۹ بود. در حالی‌که در پارامترهای F_v/F_m و F_{vj} رابطه همبستگی نمایی مثبت بود (شکل‌های ۳، ۴ و ۵).

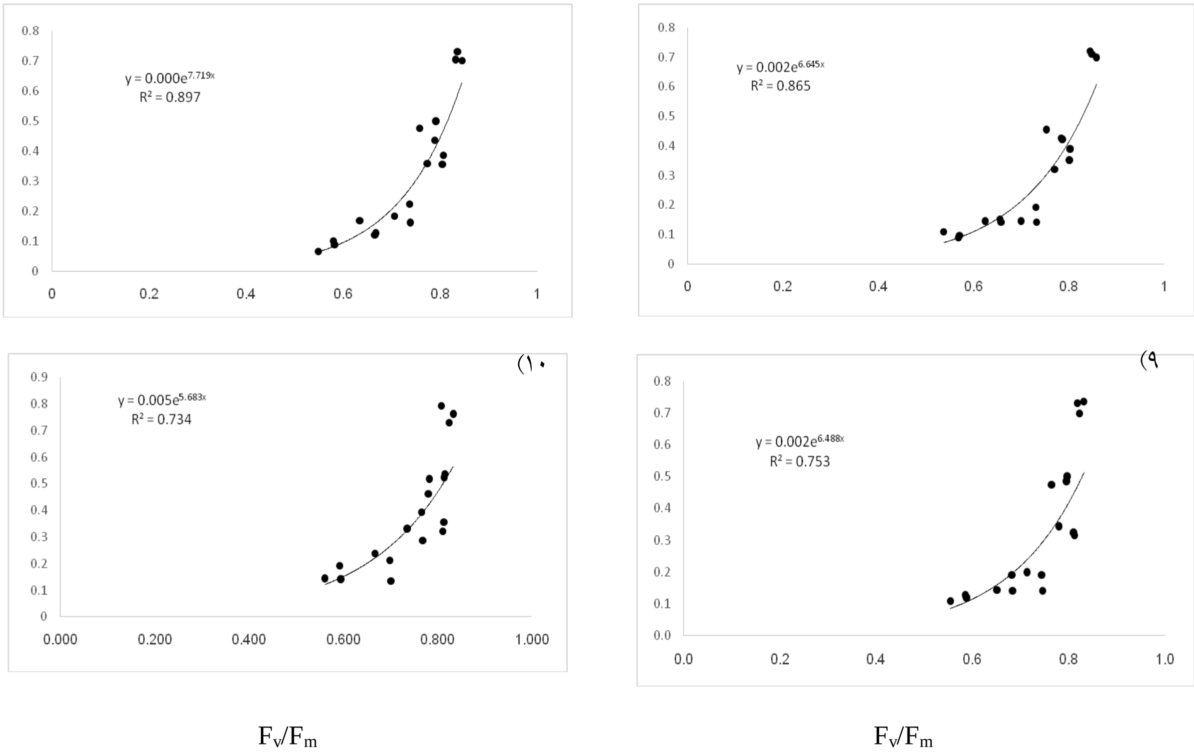
شکل ۵ نشان‌دهنده رابطه موجود بین F_{vj} و وزن خشک است. این رابطه مشابه نتایج پارامتر Fv/Fm بصورت نمایی مثبت بود. بطور کلی وجود رابطه بین هر ۳ پارامتر مورد بررسی با وزن خشک تأیید شده است. در مطالعات مختلف اهمیت هر کدام متفاوت ذکر شده است در برخی مطالعات Fv/Fm مهمتر و در برخی مطالعات دیگر سایر پارامترها مهمتر ذکر شده است (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006).

با توجه به نتایج مطالعات گذشته که نشان دهنده اهمیت بیشتر پارامتر F_{vj} در مورد مطالعه تاثیر کاربرد علف‌کش های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی نسبت به سایر پارامترها می‌باشند این پارامتر به دقت مورد مطالعه قرار گرفت (Avarseji *et al.*, 2012; Elahifard *et al.*, 2013; Abbaspoor & Streibig., 2005).

خلاصه‌ای از آنالیز رگرسیونی پارامتر F_{vj} نشان داده شده است (جدول ۱). با توجه به جدول ۱ و آزمون عدم برازش انجام شده مشاهده می‌شود که توابع ۳ و ۴ پارامتره گامپرتز برازش خوبی برای پارامتر F_{vj} داشته‌اند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که رابطه پاسخ به غلظت در مورد پارامتر F_{vj} از پارامترهای Area و F_v/F_m بهتر بود (داده‌ها فقط برای F_{vj} نشان داده شده است).

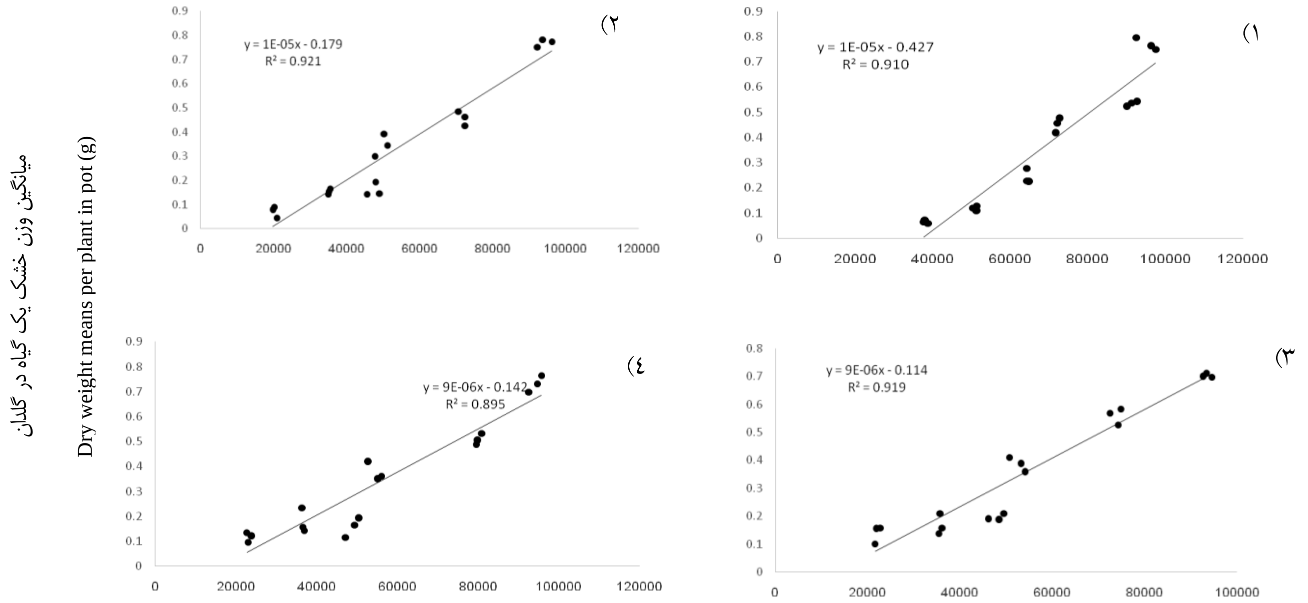


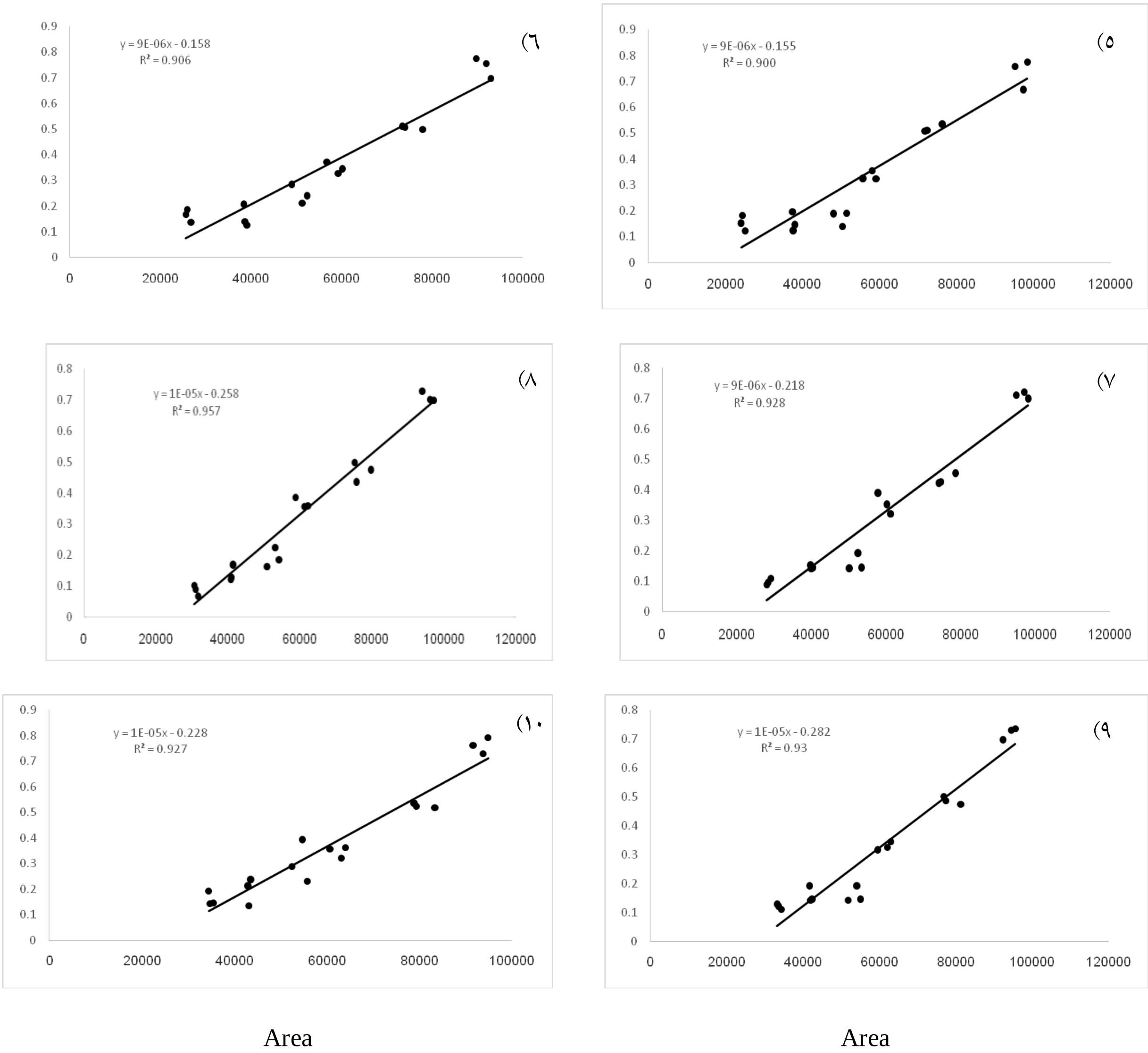
(۷) (۸)



شکل ۳- رابطه بین F_V/F_M و وزن خشک یولاف وحشی در تیمارهای ستوکسیدیم (شیب تمامی نمودارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند)؛ ۱) بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی ۲) منداب، ۳) زیتون، ٤) سویا، ٥) ذرت، ٦) آفتابگردان، ۷) کلزا، ۸) کنجد، ۹) کرچک، ۱۰) پنبه دانه

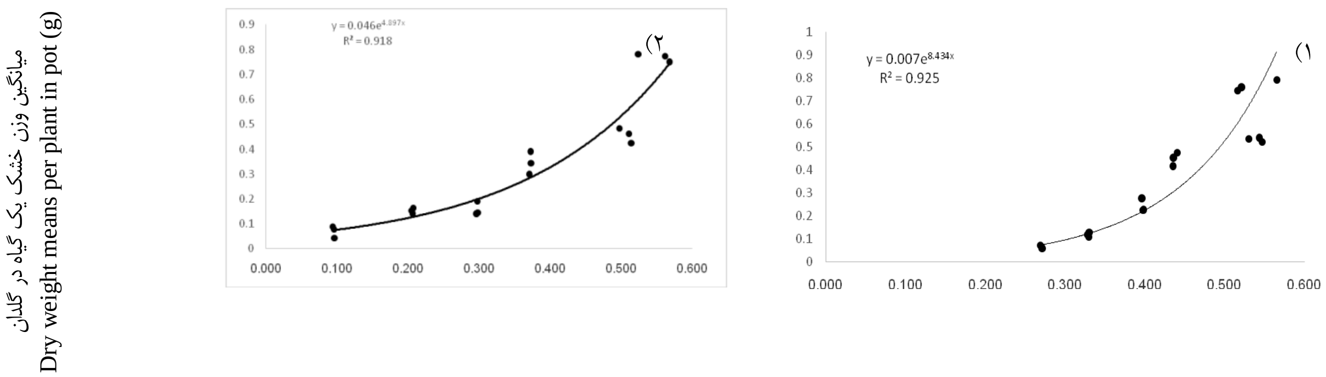
Figure 3- Relative between F_V/F_M and dry weight of wild oat in sethoxydim treatments 1) without vegetable oil and plus 2) turnip oils, 3) olive 4) soybean 5) corn 6) sunflower 7) canola, 8) sesame, 9) castor, and 10) cotton seed

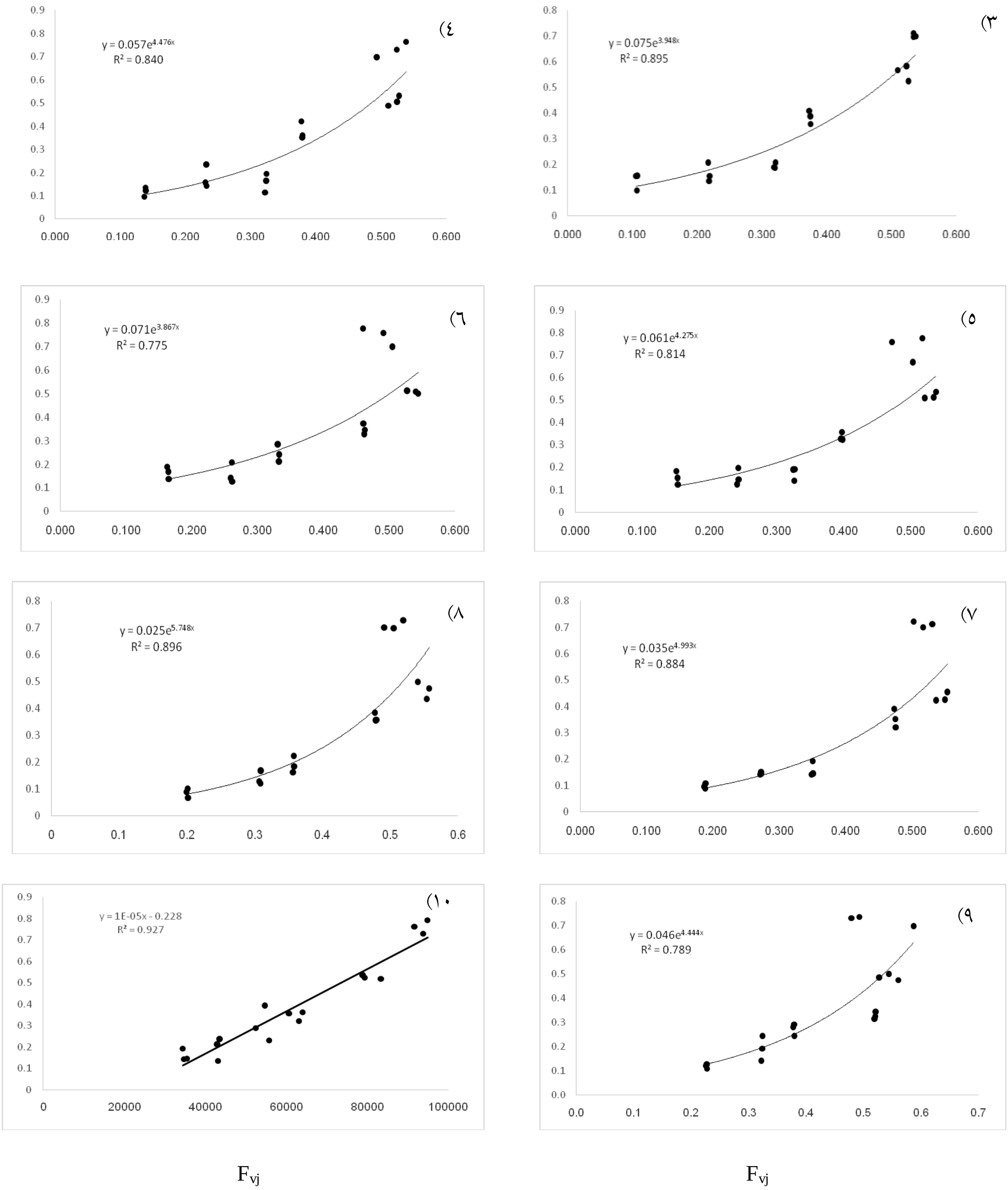




شکل ٤- رابطه بین Area و وزن خشک یولاف وحشی در تیمارهای ستوکسیدیم (شیب تمامی نمودارها در سطح ٥ درصد معنی‌دار بودند)؛ ١) بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی ٢) منداب، ٣) زیتون، ٤) سویا، ٥) ذرت، ٦) آفتابگردان، ٧) کلزا، ٨) کنجد، ٩) کرچک، ١٠) پنبه دانه

Figure 4- Relative between Area and dry weight of wild oat in sethoxydim treatments 1) without vegetable oil and plus 2) turnip oils, 3) olive 4) soybean 5) corn 6) sunflower 7) canola, 8) sesame, 9) castor, and 10) cotton seed





شکل ۵- رابطه بین F_{vj} و وزن خشک یولاف وحشی در تیمارهای ستوکسیدیم (شیب تمامی نمودارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند)؛ ۱) بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی ۲) منداب، ۳) زیتون، ٤) سویا، ٥) ذرت، ٦) آفتابگردان، ٧) کلزا، ٨) کنجد، ٩) کرچک، ١٠) پنبه دانه

Figure 5- Relative between F_{vj} and dry weight of wild oat in sethoxydim treatments 1) without vegetable oil and plus 2) turnip oils, 3) olive 4) soybean 5) corn 6) sunflower 7) canola, 8) sesame, 9) castor, and 10) cotton seed

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده توابع سه و چهار پارامتره گامپرتز برای مقادیر F_{vj} در برابر وزن خشک، ۷ روز پس از سم‌پاشی حاصل از اندازه گیری کلروفیل فلورسنس در تیمارهای ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی

Table 1- Estimate parameters three and four gomportz for F_{vj} values and dry weight, seven days after spraying get chlorophyll fluorescence measured in sethoxydim with or without vegetable oils treatments

تیمارها Treatments	GR_{50} (g ai L^{-1})	شیب منحنی Slope	حد پایین Lower limit	حد بالا Upper limit	آزمون عدم برازش Lack of fit test
ستوکسیدیم Sethoxydim	306.83 (±14.821)	1.0067 (±0.0622)	-	0.528 (±0.017)	0.0503 NS
ستوکسیدیم+ روغن منداب Sethoxydim+ turnip oil	190.186 (±10.899)	1.173 (±0.103)	-	0.553 (±0.014)	0.3416 NS
ستوکسیدیم+ روغن ذرت Sethoxydim+ corn oil	253.010 (±13.704)	1.376 (±0.157)	-	0.516 (±0.16)	0.2915 NS
ستوکسیدیم+ روغن زیتون Sethoxydim+ olive oil	212.005 (±13.040)	1.266 (±0.0168)	-	0.539 (±0.016)	0.0751 NS
ستوکسیدیم+ روغن سویا Sethoxydim+ soybean oil	231.738 (±13.776)	1.246 (±0.1379)	-	0.528 (±0.015)	0.1483 NS
ستوکسیدیم+ روغن آفتابگردان Sethoxydim+ sunflower oil	274.306 (±11.131)	1.653 (±0.1658)	-	0.516 (±0.011)	0.0659 NS
ستوکسیدیم+ روغن کنجد Sethoxydim+ sesame oil	279.749 (±8.949)	1.518 (±0.1189)	-	0.539 (±0.009)	0.2211 NS
ستوکسیدیم+ روغن کلزا Sethoxydim+ canola oil	202.332 (±20.302)	1.893 (±0.2451)	0.153 (±0.039)	0.536 (±0.009)	0.1921 NS
ستوکسیدیم+ روغن کرچک Sethoxydim+ castor oil	306.650 (±12.472)	1.7944 (±0.2429)	-	0.539 (±0.013)	0.2024 NS
ستوکسیدیم+ روغن پنبه دانه Sethoxydim+ cotton seed oil	292.488 (±20.319)	0.9307 (±0.1060)	-	0.645 (±0.017)	0.2636 NS

خلاصه‌ای از آنالیز رگرسیونی پارامتر F_{vj} نشان داده شده است (جدول ۱). با توجه به جدول ۱ و آزمون عدم برازش انجام شده مشاهده می‌شود که توابع ۳ و ۴ پارامتره گامپرتز برازش خوبی برای پارامتر F_{vj} داشته‌اند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که رابطه پاسخ به غلظت در مورد پارامتر F_{vj} از پارامترهای Area و F_v/F_m بهتر بود (داده‌ها فقط برای F_{vj} نشان داده شده است).

نتیجه‌گیری

گزارش‌های زیادی وجود دارند که نشان‌دهنده ارزیابی دقیق و سریع تأثیر علف‌کش‌ها به روش فلورسنس کلروفیل است (Prado et al., 1999; Dayan & Zaccaro, 2012؛ Riethmuller-Haage et al., 2006). در این مطالعه، نتایج ارزیابی تغییرات منحنی کاتسکی و پارامترهای آن نشان داد که از این روش برای اندازه‌گیری سریع‌تر شدت تأثیر مواد افزودنی مختلف در افزایش کارایی علف‌کش ستوکسیدیم می‌توان استفاده کرد. به‌طوری‌که زمان مورد نیاز برای آزمایش فوق پس از اعمال تیمارها می‌تواند به مقدار زیادی کاهش یابد (تقریباً کمتر از یک چهارم). ریث مولر–هاگ و همکاران (Riethmuller-Haage et al., 2006) اطلاعات کامل و ارزشمندی در مورد اثر متسولفورون متیل در ۲ تا ۴ روز پس از سم‌پاشی و اورسجی و همکاران (Avarseji et al., 2012) نیز تأثیرگذاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل را ۵ روز پس از سم‌پاشی بوسیله اندازه‌گیری کارایی کوانتومی فتوسیستم دو و محتوی کلروفیل پیش‌بینی کردند در حالی‌که برای ظهور علائم متسولفورون متیل به ۷ تا ۱۰ روز و کلودینافوپ پروپارژیل ۱۲روز زمان نیاز است. بنابراین استفاده از این روش محققین را قادر می‌سازد که مدت زمان کوتاهی پس از کاربرد علف‌کش به ارزیابی اثرات آن بپردازند. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان از روش فلورسنس کلروفیل برای مطالعه تأثیرگذاری مواد افزودنی در افزایش کارایی علف‌کش‌ها استفاده کرد.

References

1. Abbaspoor, M., & Streibig, J.C. (2005). Clodinafop changes the chlorophyll fluorescence induction curve. *Weed Science*, *53*(1), 1-9. https://doi.org/10.1614/WS-04-131R
2. Abbaspoor, M., & Streibig, J.C. (2007). Monitoring the efficacy and metabolism of phenylcarbamates in sugar beet and black nightshade by chlorophyll fluorescence parameters. *Pest Management Science*, *63*, 576-585. https://doi.org/10.1002/ps.1382
3. Abbaspoor, M., Teicher, H.B., & Streibig, J.C. (2006). The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautsky curves parameters in sugar beet. *Weed Research*, *46*, 226-235. https://doi.org/10.1111/j.1365-

3180.2006.00498.x
4. Andersen, R.N. (1968). *Germination and establishment of weeds for experimental purposes*. A Weed Science Society of America Handbook. Urbana, USA.
5. Avarseji, Z., Rashed-Mohassel, M.H., Nezami, A., Abbaspoor, M., & Nassiri-Mahallati, M. (2012). Dicamba + 2, 4-D affects the shape of the Kautsky curves in wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Plant Knowledge Journal, 1*, 41-45.
6. Barbagallo, R.P., Oxborough, K., Pallett, K.E., & Baker, N.R. (2003). Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology, 132*, 485-493. https://doi.org/10.1104/pp.102.018093
7. Cabanne, F., Gaudry, J., & Streibig, J.C. (1999). Influence of alkyl oleates on efficacy of phenmedipham applied as an acetone: water solution on *Galium aparine*. *Weed Research*, *39*, 57-67. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1999.00118.x
8. Cabanne, F. (2000). Increased efficacy of clodinafop-propargyl by terpineols and synergistic action with esterified fatty acids. *Weed Research*, *40*, 181-189. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00177.x.
9. Christensen M.G., Teicher, H.B., & Streibig, J.C. (2003). Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. *Pest Management Science, 59*, 1303-1310. https://doi.org/10.1002/ps.763
10. Dayan, F.E., & Zaccaro, M.L.D. (2012). Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology, 102*(3), 189-197.
11. Elahifard, E., Ghanbari, A., Rashed-Mohassel, M.H., Zand, E., MirshamsiKakhki, A., & Abbaspoor, M. (2013). Measuring chlorophyll fluorescence parameters for rapid detection of ametryn resistant junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link.). *Plant Knowl Journal*, *2*, 76-82.
12. Hammami, H., Rashed Mohassel. M.H., & Aliverdi, A. (2011). Surfactant and rainfall influenced clodinafop-propargyl efficacy to control wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). *Australian Journal of Crop Science*, *5*, 39-43.
13. Izadi-Darbandi, E., Aliverdi, A., & Hammami, H. (2013). Behavior of vegetable oils in relation to their influence on herbicides' effectiveness. *Industrial Crops and Product, 44*, 712-717.
14. Maxwell, K., & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of Experimental Botany, 51*, 659-668.
15. Norsworthy, J.K., Talbert, R.E., & Hoagland, R.E. (1999). Chlorophyll fluorescence evaluation of agrochemical interactions with propanil on propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, *47*, 13-19.
16. Papageorgiou, G., & Govindjee, C. (2004). (Eds.), Chlorophyll a fluorescence: A signature of photosynthesis, advances in photosynthesis and respiration, vol. 19, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 818pp.
17. Prado, J.L.D., Prado, R.A.D., & Shimabukuro, R.H. (1999). The effect of diclofop on membrane potential, ethylene induction, and herbicide phytotoxicity in resistant and susceptible biotypes of grasses. *Pesticide Biochemistry Physiology*, *63*, 1–14.
18. Riethmuller-Haage, I., Bastiaans, L., Kropff, M.J., Harbinson, J., & Kempenaar, C. (2006). Can photosynthesis-related parameters be used to establish the activity of acetolactate synthase inhibiting herbicides on weeds? *Weed Science*, *54*, 974-982.
19. Senseman, S.A. (2007). *Herbicide Handbook*. Ninth Edition. Weed science society of American.
20. Strasser, R.J., & Stirbet, A.D., (2001). Estimation of the energetic connectivity of PS II centres in plants using the fluorescence rise O-J-IP; fitting of experimental data to three different PS II models. *Mathematics and Computer in Simulation*, *56*, 451–461.